

## Laboratorní cvičení 1:

### Fyzikálně indexové vlastnosti zemín:

#### 1.1 Zdánlivá hustota pevných částic $\rho_s$ - stanovená pro jemnozrnné a písčité zeminy se zrny o průměru $d < 2 \text{ mm}^1$

Hustota pevných částic  $\rho_s$  pro jemnozrnné a písčité zeminy se stanovuje z hmotnosti vzorku zeminy vysušeného při 105 až 110 °C do ustálené hmotnosti  $m_d$  a objemu částic tohoto vzorku  $V_s$

$$\rho_s = \frac{m_d}{V_s},$$

Objem skeletu vzorku  $V_s$  se stanovuje v pyknometru známého objemu, do kterého se nasype vysušená zemina vzorku, zaleje se do 1 / 3 destilovanou vodou, pak se provaří, aby se během varu vytlačily bublinky vzduchu z pórů zeminy, zchladí a doplní destilovanou vodou do plného objemu pyknometru. Teplota pyknometru se zeminou a vodou musí mít při vážení 20 °C.

Do výpočtu vyhodnocení zkoušky vstupují tyto hodnoty:

$m_1$  – hmotnost pyknometru;

$m_2$  – hmotnost pyknometru se suchou zeminou;

$m_3$  – hmotnost pyknometru se zeminou a s vodou při teplotě 20 °C;

$m_4$  – hmotnost pyknometru naplněného destilovanou vodou o teplotě 20 °C;

$\rho_w$  – hustota vody

$$\rho_s = \frac{1000 (m_2 - m_1)}{(m_4 - m_1) - (m_3 - m_2)}$$

#### 1.2 Konzistenční stav soudržných zemín a Atterbergerovy meze

Mechanické vlastnosti soudržných zemín jsou silně ovlivněné jejich konzistenčním stavem. Tento stav se vyšetřuje pomocí dvou Atterbergerových mezí, které vymezují interval vlhkosti, ve kterém bude zemina v plastickém stavu. Dolní mez tohoto intervalu se nazývá vlhkost na mezi plasticity  $w_p$ , horní mez intervalu je vlhkost na mezi tekutosti  $w_L$  (viz také Tab. 1a a 1b).

##### 1.2.1 Vlhkost na mezi tekutosti $w_L$ - kuželová metoda

Cílem zkoušky je stanovit, při jaké vlhkosti zeminy bude za předepsaných podmínek dosaženo **20 mm zatlačení normového kužele** do připraveného zvlhčeného vzorku zeminy.

Pro zkoušku se použije 200 – 300 g navážky jemnozrnné zeminy přesáté přes síto o průměru oka  $d = 0,4 \text{ mm}$ . Z prosáté zeminy a destilované vody se důkladným promícháním vytvoří tuhá pasta, kterou se naplní nádobka pro penetrační zkoušku a povrch zeminy v nádobce se zarovná nožem. Kužel měřícího penetračního přístroje se nastaví tak, aby se právě dotýkal zarovnaného povrchu zeminy, a pak se na 5 sekund spustí do připraveného vzorku. Na indikátorových hodinkách penetračního přístroje se odečte dosažené zatlačení (= penetrace) kuželíku do zeminy s přesností na 0,1 mm. Ze zkoušeného vzorku zeminy se odebere cca 10 g zeminy pro stanovení její vlhkosti.

Zemina se přivlhčí a měření kuželem v penetračním přístroji se zopakuje postupně alespoň pro 3 vzorky stejné zeminy, vždy s vyšší vlhkostí. Pro každé dílčí měření se stanoví vlhkost zkoušené zeminy.

<sup>1</sup> zemina může kromě zrn o průměru  $d < 2 \text{ mm}$  obsahovat do 10% hmotnosti větších rozdrčených zrn, která propadnou sítem  $d = 2 \text{ mm}$ ;

**Vyhodnocení:** Do grafu závislosti penetrace na vlhkosti se vynesou změřené penetrace při příslušných vlhkostech. Získané body se proloží přímkou a na přímce se odečte, **jaká vlhkost odpovídá 20 mm penetraci**. Tato vlhkost se nazývá **vlhkost na mezi tekutosti (= mez tekutosti)  $w_L$** .

### 1.2.2 Vlhkost na mezi plasticity $w_P$

Cílem zkoušky je stanovit vlhkost zeminy, při které se při válení zeminy po dřevěné podložce začínají drobit dlouhé **válečky o průměru 3 mm na délku cca 8 – 10 mm**. Tyto drobné válečky se odeberou do váženky pro následné stanovení vlhkosti. Zkouška se provádí na dvou vzorcích a výsledný aritmetický průměr z vlhkostí z dílčích zkoušek se nazývá **vlhkost na mezi plasticity  $w_P$** .

### 1.2.3 Parametry závislé na Atterbergerových mezích $w_L$ a $w_P$

Z Atterbergerových mezí jsou odvozeny některé parametry běžně používané v geotechnické praxi:

**Index plasticity  $I_P$ :**  $I_P = w_L - w_P$ ;

**Index konzistence  $I_C$ :**  $I_C = \frac{w_L - w}{w_L - w_P}$ ,

kde  $w$  je přirozená vlhkost vzorku a rozsahy  $I_C$  pro jednotlivé konzistenční stavy jsou uvedeny v přehledné tabulce 1a a 1b.

Tab. 1a: Konzistenční stav zeminy podle normy ČSN 73 6133:

Konzistenční stav podle ČSN 73 6133	Kašovitá	Měkká	Tuhá	Pevná či tvrdá
		Plastická		
Rozmezí $I_C$	< 0,05	0,05 až 0,50	0,50 až 1,00	> 1,00

Tab. 1b: Konzistenční stav podle evropské normy ČSN EN ISO 14688

Konzistenční stav podle ČSN EN ISO 14688	Velmi měkká	Měkká	Tuhá	Pevná	Velmi pevná
Rozmezí $I_C$	< 0,25	0,25 až 0,50	0,50 až 0,75	0,75 až 1,00	> 1,00

**Index koloidní aktivity jílu  $I_A$ :**  $I_A = \frac{w_L - w_P}{\text{podíl zrn } < 0,002 \text{ mm}}$ .

## Proctorova zkouška zhutnění:

**Princip zkoušky:** Hledá se, při jaké vlhkosti se zkoušená zemina bude nejlépe hutnit, tj. při jaké vlhkosti při hutnění předepsanou energií a předepsaným způsobem bude dosaženo **maximální objemové hmotnosti vysušené zeminy**  $\rho_d^{max}$ . Tato vlhkost se označuje jako **optimální vlhkost**  $w_{opt}$ .

**Průběh zkoušky:** Pro zkoušku se připraví 10 až 22 kg zeminy (závisí to na velikosti hutnící nádoby Proctorova přístroje a na zastoupení hrubších zrn v zemině). Ze zeminy se předepsaným způsobem odstraní případná velká zrna, celý vzorek se rozdělí na 5 dílčích vzorků a každý z nich se předepsaným způsobem zvlhčí.<sup>2</sup> Z každého dílčího vzorku se pak zemina hutní do normové válcové nádoby o průměru 101,5 mm a výšce 117 mm<sup>3</sup>.

Proctorovu zkoušku lze provádět ve dvou modifikacích:

- **Zkouška Proctor standard:** Do normové nádoby se postupně hutní 3 vrstvy zeminy, každá z nich se pěchuje 25 údery pěchu o hmotnosti 2,5 kg, který padá z výšky 30 cm.
- **Zkouška Proctor modifikovaný:** Do normové nádoby se postupně hutní 5 vrstev zeminy, každá z nich se pěchuje 25 údery pěchu o hmotnosti 4,5 kg, který padá z výšky 45 cm.

Normová nádoba přesně naplněná zhutněnou zeminou se pak zváží a stanoví se vlhkost zeminy.

**Vyhodnocení zkoušky:** Pro každou dílčí zkoušku se vypočítá objemová hmotnost vlhké zeminy:

$$\rho = \frac{m_{\text{nádoby se zeminou}} - m_{\text{normové nádoby}}}{V_{\text{normové nádoby}}}$$

Pak se tato objemová hmotnost přepočítá na objemovou hmotnost vysušené zeminy daného dílčího vzorku:

$$\rho_d = \frac{\rho}{w_{\text{dílčího vzorku}} + 100\%} * 100\%.$$

Výsledky dílčích zkoušek se zakreslí do 1 společného grafu závislosti  $\rho_d$  na  $w$ , ve kterém jsou na vodorovné ose vyneseny vlhkosti  $w$  hutněné zeminy v dílčích zkouškách a na svislé ose příslušné dosažené objemové hmotnosti vysušené zeminy  $\rho_d$ . Získanými body se proloží křivka, jejíž vrchol udává svými souřadnicemi hledané výsledné parametry **maximální objemovou hmotnost vysušené zeminy**  $\rho_d^{max}$  a **optimální vlhkost**  $w_{opt}$ , při které je pro danou hutnící energii hutnění nejefektivnější.

<sup>2</sup> Pro jemnozrné zeminy se doporučuje 1. dílčí vzorek připravit o vlhkosti 8 – 10% a každý další vždy s vlhkostí cca o 3% vyšší, pro písčité a štěrkovité zeminy se doporučuje vlhkost prvního dílčího vzorku 4 – 5% a každého dalšího o 1 – 2% vyšší.

<sup>3</sup> Normová nádoba používaná v Laboratoři mechaniky zemin Ústavu geotechniky VUT FAST v Brně.